



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH ŘÍZENÍ TŘÍDICÍ LINKY

DESING OF CONTROL SYSTEM OF ASSORTING LINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Majer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Tomáš Majer
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Jan Vetiška, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh řízení třídící linky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřená na teoretické a praktické zvládnutí problematiky řízení malých technologických celků pomocí PLC. Práce bude zaměřena na návrh HW pro laboratorní úlohu třídící linky a jeho zapojení. Dále se bude práce zabývat tvorbou SW pro PLC třídící linku.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše prostředků pro automatizaci malých technologických celků se zaměřením na konkrétní úkol.

Návrh HW pro automatizaci laboratorní úlohy třídící linka

Návrh SW pro automatizaci laboratorní úlohy třídící linka

Seznam literatury:

Šmejkal, L. (2001): PLC a automatizace, 1. základní pojmy, úvod do programování. BEN – technická literatura, Praha

Šmejkal, L. (2001): PLC a automatizace, 2. sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky. BEN – technická literatura, Praha

Kovář, J, Prokopová, Z., Šmejkal, L., Střední průmyslová škola Zlín,

<https://www.vutbr.cz/teacher2/cs/zp-zadani-vypis/edit/id/92729>, přístup 30. listopadu 2015

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem řízení třídící linky malých kusů pomocí tvarového značení. Rešeršní část rozebírá druhy řízení procesů se zaměřením na PLC, prvky senzoriky a měniče frekvence. V praktické části je nejprve navrhnut a popsán hardware pro automatizaci linky. Software řízení, vytvořený v programu TwinCAT 3, je podrobně popsán v dalším kroku. Na závěr je celá práce zhodnocena a jsou navrženy možné úpravy linky.

ABSTRACT

This bachelor thesis is covering the problematics of desingning an assorting line of small pieces, based on shape marking. The reseach part analyzes the types of managing the processes focused on PLC, elements of the sensory system and frequency changers. The practical part of this thesis covers the design and hardware for line automatization. Controlling software, made in TwinCAT 3, is described in detail in the next step. In the end the whole thesis is valorized and different changes of design are proposed.

KLÍČOVÁ SLOVA

PLC, SMART kamera, měnič frekvence, třídící linka, TwinCAT 3

KEYWORDS

PLC, SMART camera, frequency changers, assorting line, TwinCAT 3

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MAJER, T. Návrh řízení třídící linky. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vetiška, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Vetiškovi, Ph.D. za vedení a jeho pomoc během realizace práce. Dále pak mé přítelkyni a mé rodině za jejich podporu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vetišky, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27.5.2016

.....

Majer Tomáš

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY.....	17
2.1	Hardware PLC.....	17
2.2	Software PLC	19
2.3	Programovací jazyky.....	19
2.3.1	Jazyk reléových schémat.....	20
2.3.2	Jazyk funkčních bloků	20
2.3.3	Jazyk seznamu instrukcí	20
2.3.4	Jazyk strukturovaného textu	21
2.3.5	Nástroj sekvenčního programování - SFC	21
3	DALŠÍ DRUHY ŘÍZENÍ.....	22
3.1	Distribuované systémy pro řízení.....	22
3.2	Průmyslová PC	22
3.2.1	Slot PLC	23
3.2.2	Soft PLC.....	23
3.3	Srovnání	24
4	SMART KAMERY	25
4.1	Výpočetní část.....	25
4.2	Snímání a digitalizace	25
4.3	Vstupy a výstupy.....	26
4.4	Komunikační rozhraní.....	26
4.5	Použitá SMART kamera	26
5	DALŠÍ SENZORY	27
5.1	Laserový senzor pro měření vzdálenosti.....	27
5.2	Senzory pro válce.....	27
6	MĚNIČE FREKVENCE	28
6.1	Metody řízení asynchronních motorů	28
6.1.1	Skalární řízení	28
6.1.2	Vektorové řízení.....	29
6.2	Použitý měnič frekvence	29
7	NÁVRH ŘÍZENÍ TŘÍDÍCÍ LINKY	30
7.1	Návrh hardwaru.....	31
7.1.1	Nastavení SMART kamery	31
7.2	Návrh softwaru.....	32
7.2.1	Manuální ovládání	33
7.2.2	Poloautomatické ovládání.....	36
7.2.3	Automatické ovládání	37
8	ZÁVĚR.....	41
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	43
10	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	45
11	SEZNAM PŘÍLOH	47

1 ÚVOD

Efektivita výroby a požadovaná přesnost se neustále zvyšuje a tím se vyvíjí i celý proces výroby. Použitím řídicích systémů ve výrobě dosahujeme po mechanizaci dalšího kroku vývoje. Zatímco mechanizace z části nahradila práci člověka, automatizace pomocí řídicích systémů se snaží o úplné vyloučení lidské práce, a to především v oblasti jednotvárné a fyzicky náročné činnosti. [1]

Automatizační technika v posledních letech značně pokročila. Součástky používané výsadně ve složitých řídicích systémech se staly běžnějšími a dostupnějšími. Z hlediska teorie a aplikace se dosáhlo ještě většího posunu kupředu. Osobní počítače, jako automatizační technika, se staly běžnou součástí všech oborů, přičemž jejich vývoj přináší nové možnosti. [2]

Cílem této práce je rešerše způsobů řízení, se zaměřením na programovatelné automaty a návrh jednoduchého automatizovaného systému třídící linky. Jedná se pouze o výukový model, který svou velikostí a obtížností naprogramování odpovídá sice jen jedné z mnoha buněk reálného výrobního provozu, ale i přesto je dostačující ukázkou celého systému a principu řízení procesů.

2 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

„Programovatelný automat je uživatelsky programovatelný řídicí systém přizpůsobený pro řízení průmyslových a technologických procesů, mnohdy specializovaný na úlohy převážně logického typu.“ [2]

Programovatelné automaty (Programmable Logic Controllers – PLC) jsou již od první poloviny 80. let v průmyslu nejvýznamnějším řídicím prostředkem. Spolu s nástupem mikroelektronické technologie postupně nahradily v mnoha případech centralizované řízení. V průběhu vývoje PLC nahradily nejen minipočítače, které začaly dohánět programátorským komfortem, ale i malou automatizaci v podobě regulátorů a bezkontaktní a reléové logiky. Náhradou těchto celků se stal programovací jazyk reléových schémat a jazyk funkčních bloků. [3]

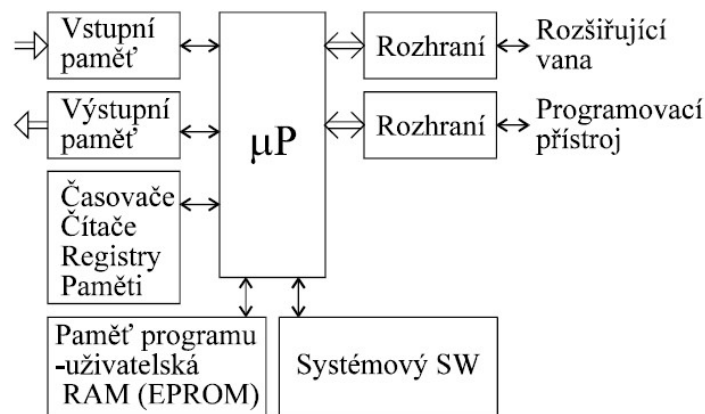
K hlavním důvodům pro výběr řízení pomocí PLC v současnosti patří možnost rychlé realizace systému, spolehlivost, odolnost a možnost jednoduché diagnostiky a jednoduchost změny systému. Takováto změna může být někdy velice náročná, vzhledem k přeprogramování, ale v porovnání s řídicími systémy s pevnou logikou, kde je změna systému takřka nemožná, je tato překážka zanedbatelná. [2]

Rozsah PLC je téměř neomezený. Nejmenší a nejlacinější variantou je mikro PLC s malým počtem vstupů a výstupů, dále pak kompaktní PLC s omezenou variabilitou a možností připojit několik přídavných modulů. Největší volnost však poskytují modulární PLC. Funkce a počet modulů je takřka neomezena. Kromě klasických modulů s binárním nebo analogovým signálem se často využívá i čítačů, polohovacích modulů, modulů pro řešení regulačních úloh nebo modulů využívající fuzzy logiku. [2]

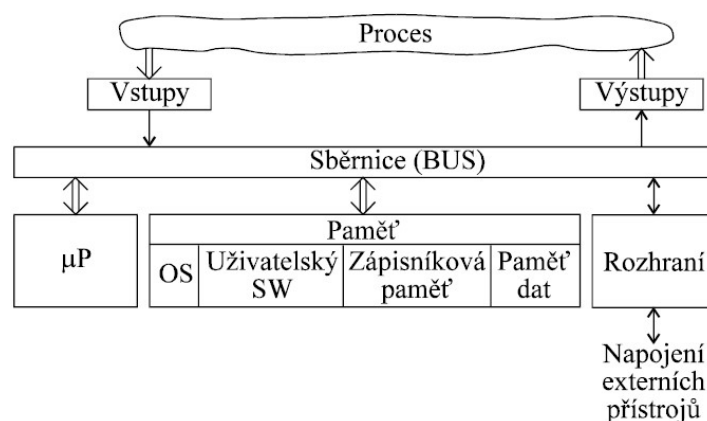
Trh s PLC se neustále rozvíjí a nových výrobců stále přibývá, největší podíl na trhu ale stále mají Siemens, Rockwell Automation a Mitsubishi. V České republice je nejvýznamnějším výrobcem firma Teco.

2.1 Hardware PLC

V době vzniku prvních PLC na konci 60. let se jako jádro používaly bitové procesory. Ve srovnání s tehdejšími 8 a 16 bitovými CPU byly rychlejší, a proto se kladly nároky na architekturu bitově orientovaných CPU, bitově orientovaných paměťových dat a slovně orientovaných pamětí programů. Vzhledem k současné nízké ceně a vysokému výkonu se slovní mikroprocesory využívají i u malých PLC, ale i přesto je mezi architekturou malých a středních PLC rozdíl. [3]



Obr. 1) Blokové schéma malých a kompaktních PLC [3]

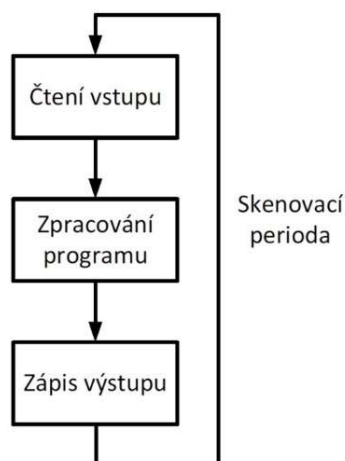


Obr. 2) Blokové schéma středních a velkých PLC [3]

Původní provedení malých a kompaktních PLC je uspořádání veškerých prvků tak, že jsou připojeny přímo na mikroprocesor. Není zde žádná sběrnice a paměť programu je oddělena od paměti dat z důvodu jiné bitové organizace. V současnosti se toto uspořádání již zcela nahradilo uspořádáním středních a velkých PLC, jelikož bitově orientované CPU a paměti nahradily slovně orientované. Uspořádání středních a velkých PLC je téměř totožné s mikropočítačem. Základem je 16, 32 nebo 64 bitová sběrnice, do které jsou modulárně zapojeny další prvky. Operační paměť je jen jedna, s vyhrazeným prostorem pro data, proměnné a program. Odlišný je pouze cyklický způsob práce. [3]

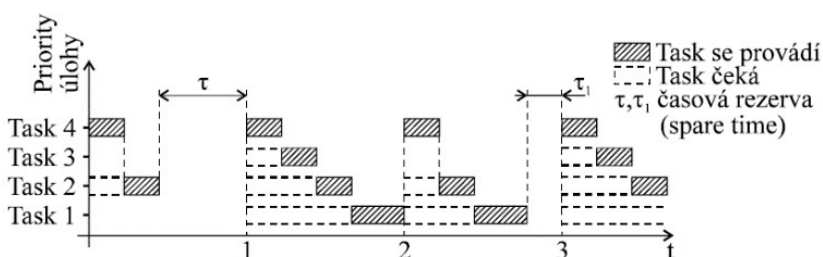
2.2 Software PLC

Program PLC pracuje v cyklech, tzv. skenovacích periodách. Cyklus začne přečtením vstupů, pokračuje zpracováním programu a následně zapíše výstupy. Poté se celý cyklus opakuje. Pokud dojde k změně proměnných během cyklu, program s nimi začne pracovat až následující periodu. Čas jednoho cyklu závisí na uživatelském nastavení vzhledem k řízenému procesu a na možnostech softwaru. V současnosti nejmenší doby cyklu dosahují hodnoty až 0,1 ms. [4]



Obr. 3) Cyklická práce PLC [4]

Kromě cyklického režimu mají PLC i režim přerušení. Pokud dojde k přerušení od časovače, jedná se o time-driving-multitasking (Obr. 4), pokud od procesu, tak event-driving-multitasking. Jednotlivým úlohám se přiřazují priority 1 až 4. Časově kritické úlohy 4 a 2 se vykonávají v každém cyklu, úlohy 3 a 1 mohou přejít v případě nedostatku času na vykonání do další periody, kde jsou vykonány s vyšší prioritou. [3]



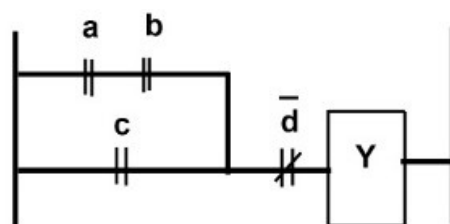
Obr. 4) Time-driving-multitasking [3]

2.3 Programovací jazyky

Programovací jazyky definuje mezinárodní norma IEC EN 61131-3. Popsány jsou čtyři typy jazyků – dva grafické a dva textové. Jako pátý je někdy uváděn programovací nástroj SFC, jako prostředek pro strukturovaný popis sekvenčních úloh. Některé PLC umožňují programování v dalších jazycích, například v jazyce C, případně pomocí zcela nových experimentálních jazyků. [5]

2.3.1 Jazyk reléových schémat

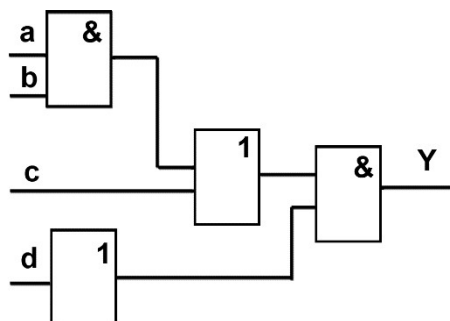
Ladder Diagram (LD) je grafický jazyk reléových (kontaktních) schémat. Tento typ jazyka je nejstarší a nejrozšířenější z jazyků pro PLC. Program se zobrazuje ve formě kreslených schémat pro práci s reléovými a kontaktními prvky. Symboly pro kontakty a cívky jsou zjednodušeny na dvojici čárek a dvojici závorek, funkční bloky jsou kresleny jako obdélníkové značky. Jazyk je vhodný při programování nejjednodušších logických případů nebo při požadavku jednoduchého servisu. Ladící prostředky mohou zvýraznit „vodivou cestu“ a tím ulehčit nalezení závady na stroji. [5]



Obr. 5) Jazyk reléových schémat [6]

2.3.2 Jazyk funkčních bloků

Function Block Diagram (FBD) je další grafický jazyk, který uplatňuje metodu logických schémat (funkčních bloků). Tato metoda vychází z logických schémat integrovaných obvodů. Na rozdíl od LD je FBD programován pomocí základních logických operací, které jsou graficky znázorněny obdélníkovými značkami. Jazyk obsahuje i ucelené funkční bloky. Mezi klasickými bloky jako jsou čítače, časovače a další, se nově vyskytují i bloky, které si uživatel může sám naprogramovat, například v jazyce strukturovaného textu. [6]



Obr. 6) Jazyk logických schémat [6]

2.3.3 Jazyk seznamu instrukcí

Instruction List (IL) je textový nízkoúrovňový jazyk, který vytváří program pomocí posloupností základních instrukcí – symbolicky označených příkazů (mnemokódů). Jedná se o obdobu assembleru. Požadované operace se provádí s poslední hodnotou výsledku, která je uložena ve střadači, a s programovým operandem. Výsledek se opět uloží do střadače. Některé z instrukcí lze doplnit modifikátorem, který stanovuje negaci operandu nebo zahájí odloženou operaci. V současnosti se tento jazyk už příliš nevyužívá, náhradou se stal jazyk strukturovaného textu. [5]

mnemokódy	4	LD	stRotate	operands
		RIGHT (stRotate	
		LEN		
		SUB	1	
)		
		CONCAT (stRotate	
		LEFT	1	
)		
		ST	stRotate	

Obr. 7) Jazyk seznamu instrukcí [7]

2.3.4 Jazyk strukturovaného textu

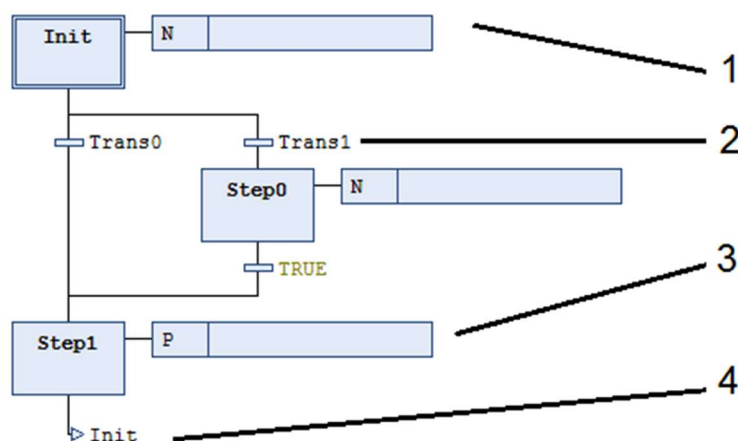
Structured text (ST) je velmi výkonný textový jazyk oplývající bohatým aparátem příkazů a operátorů. Umožňuje zápis složitých algoritmů a vytváření komplexních funkčních bloků. Jeho základ vychází z jazyků Pascal, Ada a C. Významnou částí jazyka je zápis výrazů. Výrazy vyčíslují hodnoty dílčích výsledků a následně je ukládají do adresovaných proměnných nebo vyčíslují podmínky pro další příkazy. Vyhodnocování výrazů probíhá podle priorit operátorů, operátory se stejnou prioritou se vyhodnocují zleva doprava. Pro přiřazování proměnné se využívá „pascalovské rovnítko“ :=. [5]

```
IF value < 7 THEN
  WHILE value < 8
  DO
    value:=value+1;
  END_WHILE;
END_IF;
```

Obr. 8) Jazyk strukturovaného textu [7]

2.3.5 Nástroj sekvenčního programování - SFC

Sequential Function Chart (SFC) – sekvenční diagram je nadstavbou nadřazenou nad popsání programovací jazyky. Program má podobu přechodového grafu, který modeluje sekvenční chod. Jednotlivé kroky (Step), znázorněné obdélníky, jsou časově oddělené části diagramu. Jejich chování je určeno přiřazenými akcemi (Action), které jsou aktivní, dokud je aktivní krok. Přiřazená akce může být program vytvořený v jakémkoliv jazyce. Kroky jsou spojeny přechody (Transition), které umožňují přechod na další krok za předpokladu splnění podmínky. Pomocí přechodů lze diagram větvit nebo použít funkci skok na zvolený krok. [5]



Obr. 9) Jazyk sekvenčního programování; 1 – krok; 2 – přechod; 3 – akce; 4 - skok [7]

3 DALŠÍ DRUHY ŘÍZENÍ

Mezi základní řídicí systémy patří programovatelné automaty a distribuované řídicí systémy. V minulosti měl každý způsob vytyčený okruh procesů, dnes však dochází k prolínání jednotlivých metod a vzniku takzvaných hybridních technologií. Ještě před nedávnem patřilo i řízení pomocí průmyslových PC do této skupiny, dnes se ale považuje i tato metoda za základní. Výběr řídicího systému se tedy stal otázkou ceny a přání zákazníka. [8]

3.1 Distribuované systémy pro řízení

Významnou kategorii řídicích systémů tvoří velké systémy pro řízení procesů (Distributed control system – DCS). Tento způsob řízení je jeden z nejstarších. Jedná se o řízení velkých celků, jako jsou elektrárny, železárny a další velké procesy, především spojitého typu, pomocí centralizovaného počítače s vysokým výpočetním výkonem. Při použití pro řízení nespojitých procesů, náklady na kabeláž, nedostatečná spolehlivost a další problémy vedly v minulosti často k přechodu na PLC nebo částečné decentralizaci. U spojitých procesů se koncept zachoval. V dnešní době se tento systém řízení v modernizované verzi stále využívá v řadě odvětví. Kabely se často nahrazují bezdrátovými spojeními, případně jsou jednotlivé procesy spojeny pomocí internetu. [3] [9]

3.2 Průmyslová PC

Jednou z možností řízení je PC v průmyslovém provedení (Industry PC - IPC). Úprava osobního počítače na nepříznivé podmínky ve výrobě, jako je zvýšená prašnost, vysoké teploty nebo i požadavky dané normami, několikrát zvyšuje cenu ve srovnání s klasickými PC. Vyšší cenu však vyvažuje programátorský komfort. Vzhledem k flexibilitě lze počítač využít i na kombinované řízení jako například PLC a CNC. V současné době je minimální výbavou procesor o kmitočtu minimálně 650 MHz, operační paměť 1 GB a disk SSD, HDD nebo průmyslový CF (compact flash) disk. [3]



Obr. 10) Průmyslový počítač výrobce Beckhoff [7]

3.2.1 Slot PLC

Slot PLC vychází z myšlenky, že PC není určeno pro řízení v obtížných podmínkách s vysokými nároky na spolehlivost řídicího systému. Do sběrnice PC se umísťují karty, které mají obvodově vytvořené PLC s vlastním CPU a vlastním firmwarem. Samotné PC může mít i méně stabilní operační systém. Tato metoda se v současnosti vzhledem k rostoucí stabilitě operačních systémů téměř nevyužívá. [3]

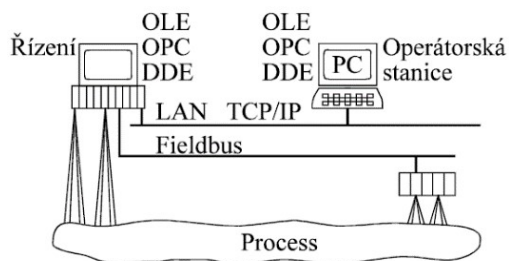


Obr. 11) Slot PLC výrobce Siemens [10]

3.2.2 Soft PLC

Soft PLC (softwarové PLC) představuje novou kategorii řídicích systémů. Řízení procesů probíhá systémy, jejichž základ tvoří centrální počítač a pasivní moduly na paralelní sběrnici. Počítač realizuje řídicí funkce PLC i funkce vývojového systému pomocí softwarového PLC emulátoru. Kromě programování v tradičních programovacích jazycích dle standardu IEC 1131-3, jsou umožněny i další služby jako simulace, vizualizace a další. Mezi nejznámější PLC emulátory patří Simatic od výrobce Siemens nebo TwinCAT výrobce Beckhoff. [2]

Komunikace mezi počítačem a sběrnicí probíhá pomocí normalizovaných standardů. Jedním z nich je EtherCAT (Ethernet pro řízení automatizační techniky), který je vyvinut firmou Beckhoff Automation. Počítač je připojen UTP kabelem k bus coupleru, který vytváří základ komunikační sběrnice. Přenos dat je uzpůsoben, aby byla dosažena co nejmenší doba cyklu ($\leq 100 \mu s$). Jednotlivé pakety dat cyklicky obíhají systém, jejichž proměnné se aktualizují pouze v místě, kam jsou adresovány, během průchodu bez pozastavování přenosu. Pro svou rychlost přenosu je systém vhodný pro řízení v reálném čase. [11]



Obr. 12) Schéma systému Soft PLC [3]



Obr. 13) Bus coupler výrobce Beckhoff [7]

3.3 Srovnání

Tab 1) Srovnání druhů řízení [12] [13] [14]

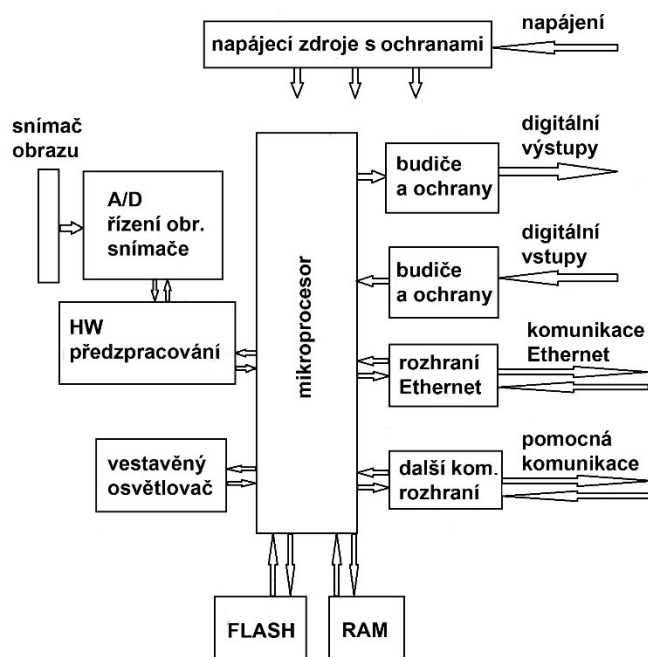
Vlastnost	IPC	DCS	PLC
Použití	Řízení a vizualizace procesů	Řízení spojitých procesů	Řízení nespojitých procesů
- minulost	Provozování dalšího softwaru	Řízení spojitých i nespojitých procesů	
- současnost			
Typ procesů	Všestranné	Zpracovatelský průmysl	Strojní výroba
Požadavky na řízení	Práce v reálném čase Multitasking	Práce v reálném čase Otevřenost a interoperabilita Celistvost systému	Práce v reálném čase Autodiagnostika
Výhody	Programátorský komfort Flexibilita Možnost kombinace s CNC Poměr cena/výkon	Programátorský komfort Flexibilita	Spolehlivost Rychlá realizace Nízké náklady Modulární výstavba
Nevýhody	Nižší spolehlivost	Vysoké náklady výstavby	Poměr cena/výkon Nižší flexibilita

4 SMART KAMERY

SMART (inteligentní) kamery zprostředkovávají strojové vidění. V průmyslové automatizaci se typicky využívají jako vazba na výrobní proces a orientace na typické úlohy výroby, jako je vizuální inspekce, počítání objektů, hledání defektů a další. [15]

4.1 Výpočetní část

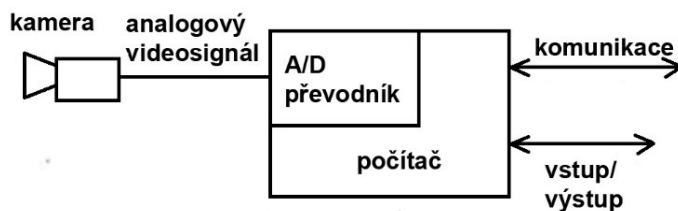
Výpočetní část SMART kamery je mikropočítač. Vzhledem k potřebě rychlého zpracování velkého množství dat jsou kamery osazeny výkonnými mikroprocesory s frekvencí 400-1000 MHz. Nedílnou součástí je RAM, do níž se ukládá zpracovávaný snímek a FLASH paměť, na které je uložený program a parametry. K urychlení některých operací při analýze obrazu se někdy využívají i jednoúčelové konečné automaty programované v hradlových polích. [15]



Obr. 14) Blokové schéma SMART kamery [15]

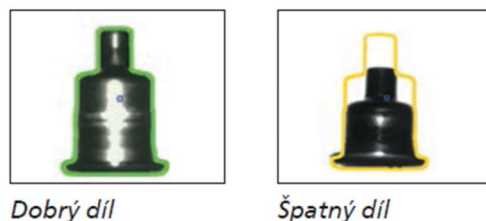
4.2 Snímání a digitalizace

Jako obrazový senzor se ještě do nedávné doby využíval CCD snímač. Získaný analogový signál se ale musel digitalizovat samostatným A/D převodníkem. V rámci zjednodušení se v současnosti přešlo na CMOS snímač, který umožňuje integraci převodníku přímo na čip včetně většiny řídicích obvodů. Tím se celá obsluha zjednodušila a zúžila pouze na vybírání dat. [15]

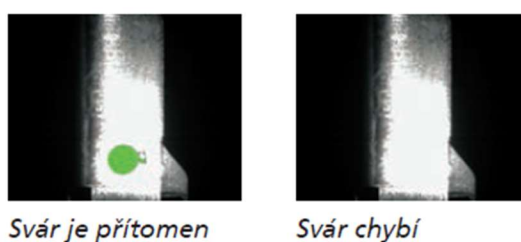


Obr. 15) Schéma s CCD snímačem [15]

Obrazové snímače se také rozdělují podle funkce. Například firma ifm nabízí dva typy snímačů – obrysové senzory a senzory pro počítání pixelů. Obrysový senzor provádí kontrolu objektu pomocí analýzy, srovnání s předem definovaným tvarem a porovnání s podobnými objekty. Počítač pixelů (Pixel Counter) analyzuje oblast objektu pomocí počítání pixelů. [16]



Obr. 16) Funkce hranového senzoru [16]



Obr. 17) Funkce čítače pixelů [16]

4.3 Vstupy a výstupy

Výstupní signál je digitální, obdobně jako u běžných senzorů. Ifm kamerové senzory využívají kombinaci čtyř binárních signálů a tím umožňují až 256 variant snímaných objektů. Vstupy se využívají pro synchronizaci sejmутí snímku se stavem procesu nebo k aktivaci osvětlení. [15] [16]

4.4 Komunikační rozhraní

Hlavní funkcí komunikace je především připojení k rozhraní MMI (Man-Machine-Interface), které umožňuje nastavování a programování kamery. K tomu se standardně využívá klasický osobní počítač. Jelikož je při snímání kamery v reálném čase zapotřebí vysoká přenosová rychlost, zajišťuje se spojení přes Ethernet. [15]

4.5 Použitá SMART kamera

K snímání kusů je u třídící linky použit kamerový senzor pro rozpoznávání objektů – ifm O2D220. Snímání probíhá pomocí CMOS obrazového senzoru s rozlišením 640 x 480 pixelů. Kamera má 4 nestavitelné digitální výstupů a jeden signalizující činnost. Nastavení je umožněno pomocí 2 tlačítek a čtyřmístného segmentového displeje nebo připojením počítače s obslužným softwarem. K nastavení kamerových senzorů ifm výrobce dodává vlastní software – efector dualis – E2D200. [17]



Obr. 18) Kamerový senzor ifm O2D220 [17]

5 DALŠÍ SENZORY

5.1 Laserový senzor pro měření vzdálenosti

Senzor pro měření vzdálenosti funguje na principu měření průběhové doby světla. Vyslaný světelný paprsek se odrazí od snímaného objektu a vrátí se zpět do senzoru. Senzor měří čas od vyslání paprsku do jeho návratu a pomocí konstantní rychlosti světla vypočítá vzdálenost. [18]

Třídící linka je osazena optickým distančním senzorem s viditelným laserovým světlem ifm O1D100. Měřicí rozsah je 0,2 až 10 metrů, naměřená vzdálenost je v podobě analogového signálu vysílána v reálné čase a zároveň zobrazena na 4-pozičním alfanumerickém displeji. [17]



Obr. 19) Měřič vzdálenosti ifm O1D100 [17]

5.2 Senzory pro válce

Senzory pro válce slouží k detekci polohy pístů v pneumatických válcích. Aplikuje se buďto dvupolohové snímání – píst vysunut/píst zasunut nebo vícepolohové. Snímání probíhá přes stěny válců, které jsou z paramagnetických látek (například z hliníku). Detekován je kruhový permanentní magnet umístěný na pístu. Jedná o bezdotykový senzor, proto životností několikanásobně přesahuje klasické spínače. [19]

Válce u výrobce SMC s označením CD85N20-200-B jsou osazeny dvěma senzory D-A93 téhož výrobce. Senzory se aktivují přiblížením permanentního magnetu umístěným na konci pístu. Snímané polohy jsou „píst plně zasunut“ a „píst plně vysunut“. [20]



Obr. 20) Polohový senzor SMC D-A93 [20]

6 MĚNIČE FREKVENCE

Většina asynchronních motorů potřebuje regulaci otáček. Regulace pomocí změny skluzu, napětí nebo počtu pólů je často nedostačující nebo neproveditelná, motory s kotvou na krátko jsou komplikovanější na výrobu. Největší regulaci umožňuje změna napájecí frekvence. Měníč frekvence je zařízení určené k přeměně proudu jedné frekvence na proud s frekvencí jinou. Měníče se rozdělují podle způsobu změny frekvence, v případě nepřímých měničů i podle způsobu řízení. [21]

Přímé měniče kmitočtu se skládají z tyristorů a jejich napětí může dosahovat pouze třetinového kmitočtu než napájecí napětí. Tyto střídače se dnes využívají pro pohony velkých výkonů. Princip je založen na usměrňování určitého počtu půlperiod v tyristory řízených uzlech. [21]

Nepřímé měniče kmitočtu se skládají ze vstupního usměrňovače, stejnosměrného meziobvodu a střídače. Usměrňovač je tvořený usměrňovacími diodami. V meziobvodu je zapojen kondenzátor, který zajišťuje napěťový charakter a provádí filtraci usměrněného napětí. Typ střídače je určen počtem fází a výstupním napětím. Při jednoduchém výstupu dosahujeme obdélníkového napětí, při použití šířkové pulzní modulace napětí libovolného průběhu, nejčastěji harmonického. [21]

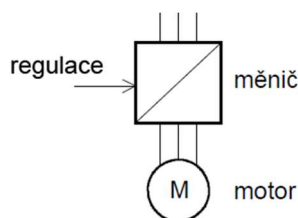
Frekvenční měniče s šířkově pulzní modulací patří mezi největší zdroje rušení v síti. Vzniklé vysokofrekvenční rušení negativně ovlivňuje jak samotné zařízení, tak i zařízení okolní. Problém se řeší implementováním vstupního filtru nebo vstupní a výstupní tlumivky. [22]

Pro ovládání servopohonů se používají dynamicky ovládané měniče frekvence, které dovolují nejen proměnlivé rychlosti, ale i polohování. Od klasických měničů se odlišují typem řízení, které není skalární, ale vektorové. Regulace frekvence probíhá buďto digitálními a analogovými vstupy nebo pomocí vestavěného PLC. [23]

6.1 Metody řízení asynchronních motorů

6.1.1 Skalární řízení

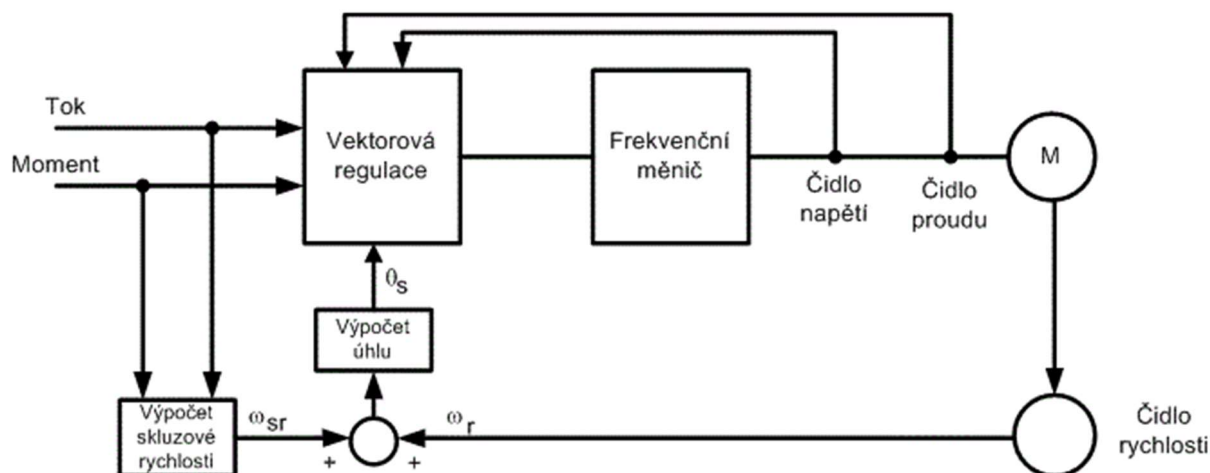
Skalární řízení vychází z rovnic pro ustálený stav, vnitřní elektromagnetické jevy jsou zanedbány, čímž se znemožnilo okamžité řízení momentu a zhoršila dynamika regulace rychlosti. Regulace je dosaženo úpravou magnetického toku změnou konstantního poměru napájecího napětí U a napájecí frekvence f . V dnešní době tento způsob řízení najdeme v levných pohonech s nízkými nároky na dynamiku, jako jsou například ventilátory nebo čerpadla. [24]



Obr. 21) Otevřená smyčka [25]

6.1.2 Vektorové řízení

Vektorové řízení vychází z modelu popisující elektromagnetické i elektromechanické jevy ve stroji, díky čemuž lze řídit okamžité hodnoty proudu i momentu v motoru. U této metody využíváme různé senzory, jako například senzory rychlosti otáčení motoru nebo senzory napětí, která nám umožňují vypočítat potřebné hodnoty použité pro vektorovou regulaci frekvenčního měniče. [24]



Obr. 22) Uzavřená smyčka s vektorovým řízením [24]

6.2 Použitý měnič frekvence

K řízení asynchronního motoru, který pohání dopravní pás, je použit měnič frekvence Emerson COMMANDER SK. Měnič je řízen pomocí digitálního výstupu signalizující činnost, digitálních vstupů na určení směru chodu motoru a analogového vstupu na řízení otáček motoru. Výstupní kmitočet může být až 1500 Hz, ale řídicí program třídící linky nevyužívá frekvenci vyšší než 50 Hz. Maximální možný odebíraný výkon je 550 W. [26]

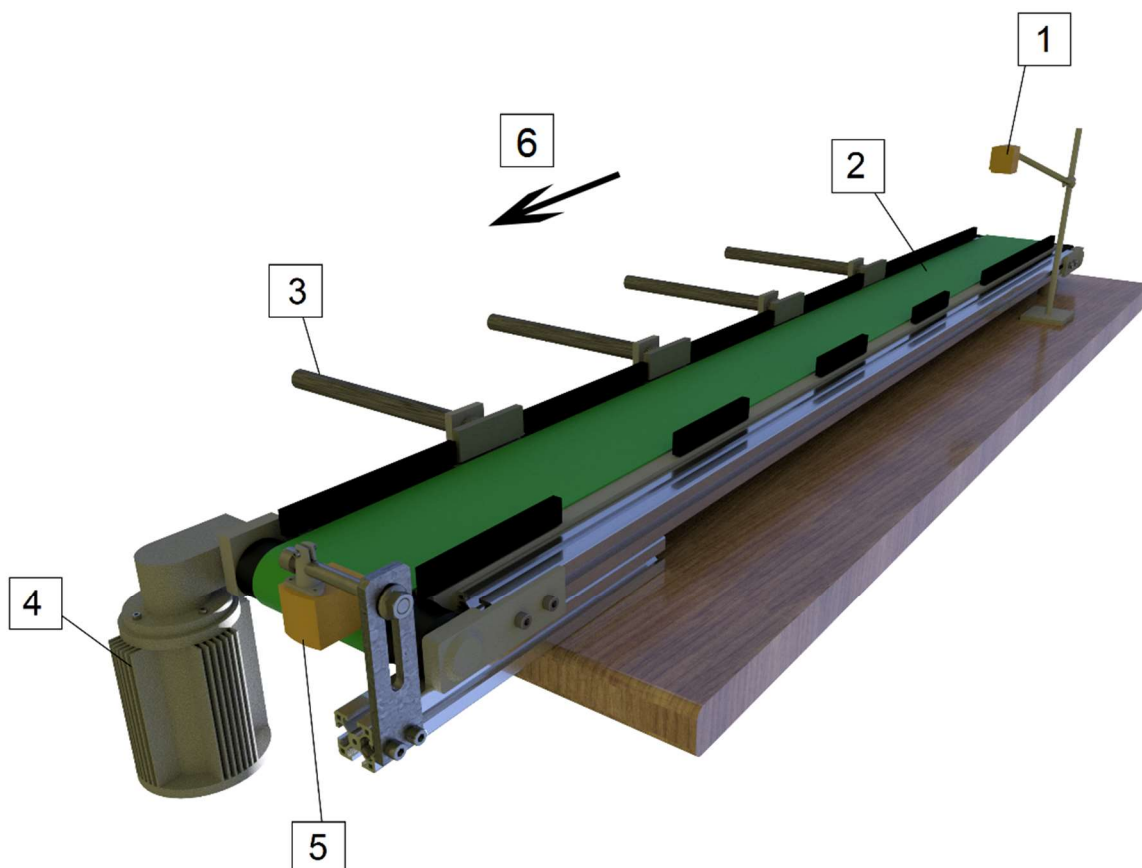


Obr. 23) Měnič frekvence Emerson COMMANDER SK [26]

Třídící linka je osazena elektromotorem Bonfiglioli Riduttori BN63B4. Maximální výkon elektromotoru je 180 W, maximální otáčky 1320 min^{-1} při 50 Hz. Hřídel hnacího válce, pohánějící dopravní pás, je spojena se šnekovou převodovkou, která je součástí elektromotoru. [27]

7 NÁVRH ŘÍZENÍ TŘÍDÍCÍ LINKY

Programovaná třídící linka je určena k třídění malých kusů s definovaným značením. Pro ukázkou funkce jsou využity plastové válečky s potiskem čtverce, kruhu, trojúhelníku nebo pětiúhelníku. Tyto kusy jsou po jednom dopravovány pomocí dopravního pásu pod kamerovým senzorem a následně jsou vyhozeny v jednom ze čtyř třídících míst pístem pneumatického válce. Dopravní pás je poháněn asynchronním elektromotorem se šnekovou převodovkou. Poloha válečku na pásu je snímána vzdálenostním senzorem. Cílen této práce je navrhnout jak hardware, tak software pro automatizaci této linky.



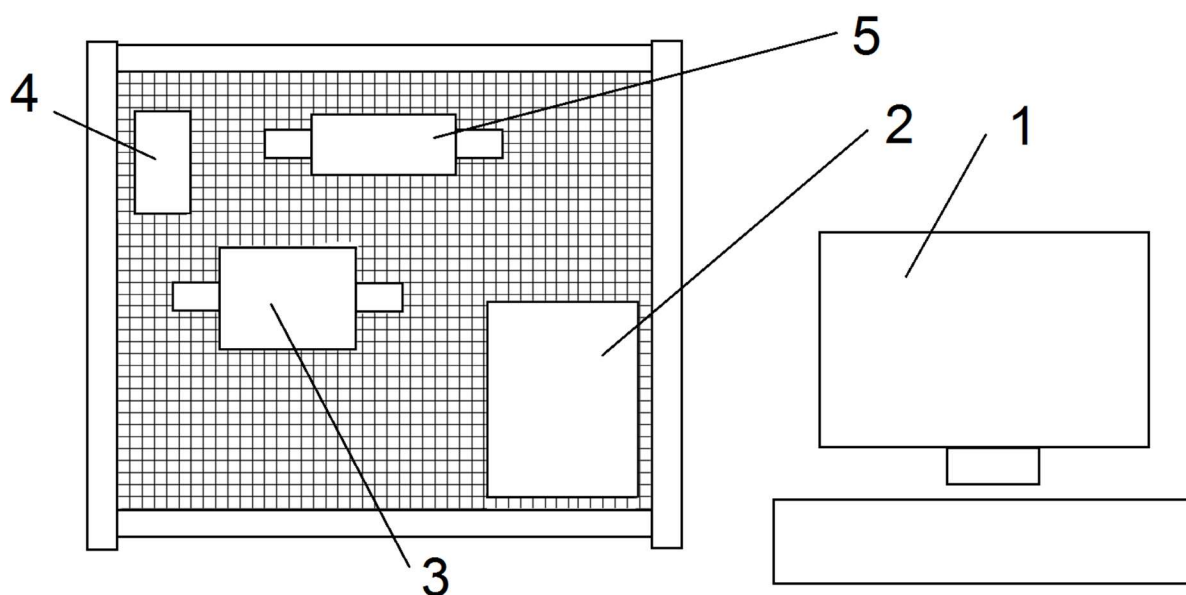
Obr. 24) Model třídící linky; 1 – SMART kamera; 2 – dopravní pás; 3 – pneumatické válce; 4 – asynchronní elektromotor; 5 – senzor vzdálenosti; 6 – směr dopředu



Obr. 25) Ukázka třízeného kusu

7.1 Návrh hardwaru

Do návrhu hardwaru pro automatizaci spadá konfigurace modulárních terminálů bus coupleru, zapojení všech prvků linky, jejich konfigurace a označení. Linka je řízena na stolním počítači pomocí softwarového PLC emulátoru TwinCAT 3 v reálném čase. Počítač komunikuje přes EtherCAT s bus couplerem Beckhoff BK 1120, který řídí modulární terminály. Z výměnných modulů stejného výrobce bylo využito dvou terminálů digitálních vstupů KL1418, dvou terminálů digitálních výstupů KL2408, jednoho terminálu analogových vstupů KL3408, jednoho terminálu analogových výstupů KL4438 a zaslepovacího koncového terminálu KL9010. Seznam terminálů a schéma zapojení je v příloze 1.

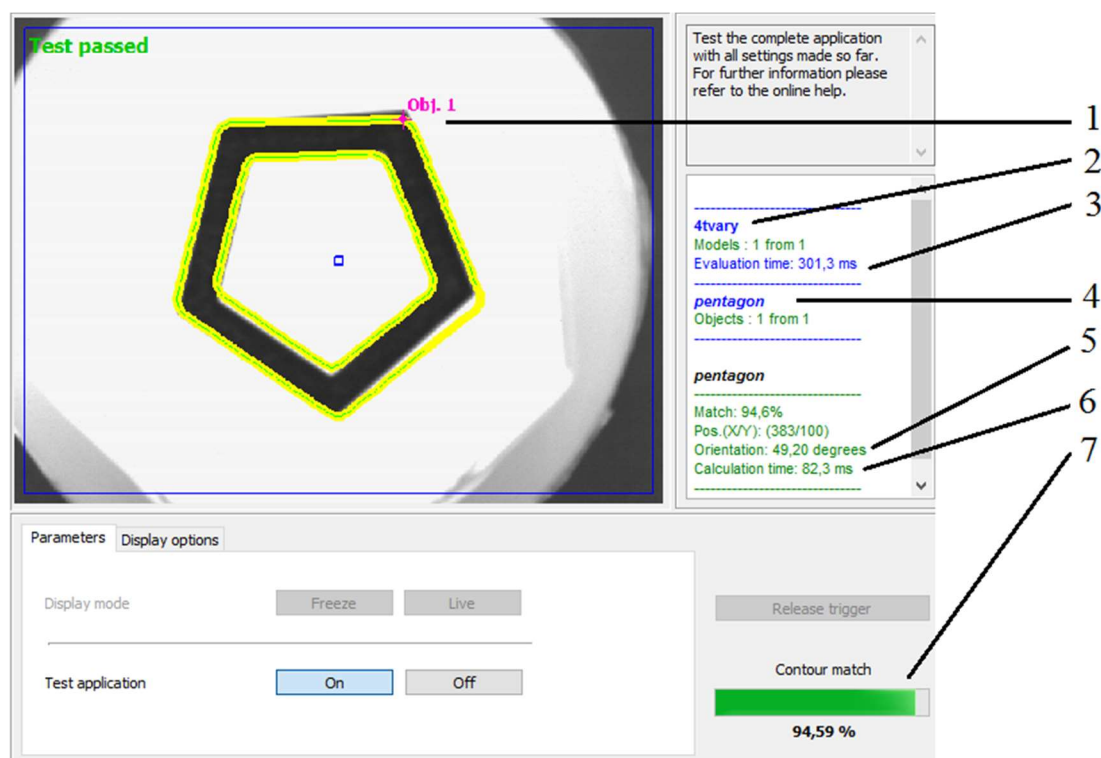


Obr. 26) Schéma pracovní stanice; 1 – počítač; 2 – hlavní jistič; 3 – svorkovnice; 4 – měnič frekvence; 5 – EtherCAT bus coupler s moduly

7.1.1 Nastavení SMART kamery

Po vyhledání kamery připojené do sítě je umožněno kompletní nastavení všech parametrů pomocí počítače. Konfigurace byla provedena v softwaru výrobce kamery ifm efector dualis – E2D200.

Nejprve byl vytvořen profil, do kterého byly nadefinovány tvary, které linka třídí. Nastavit lze až 32 profilů, přičemž aktivní může být jen jeden. Jako první se nastavuje snímání obrazu. Nabízena je aktivace externího přisvětlení, úprava expozičního času od 1 μ s do 14,9 ms a způsob snímání obrazu. Poté se definují modely. Po nastavení definiční zóny se vybere požadovaný tvar, nastaví se citlivost rozeznávání, vyhlazování hran a referenční bod objektu. Pro možnost různé orientace nebo drobných odchylek značení lze upravit tloušťku tolerance kontur, procentuální toleranci podobnosti a možný úhel natočení. Po nastavení modelů se přiřadí digitální výstupy. Vše je nakonec ověřeno v testovacím okně. Čas na zachycení snímku spolu s časem na jeho vyhodnocení se v definovaných případech pohyboval mezi 250 a 500 ms.



Obr. 27) SMART kamera - testování nastavení [16]; 1 – referenční bod; 2 – název profilu; 3 – vyhodnocovací čas; 4 – název modelu; 5 – natočení modelu; 6 – výpočetní čas; 7 – procentuální shoda

7.2 Návrh softwaru

Řídicí program je vytvořen v programu TwinCAT 3 vyvinutý společností Beckhoff pro řízení svých EtherCAT bus couplerů. Jedná se o softwarový PLC emulátor. Program je integrován do vývojového prostředí Microsoft Visual Studio. Zde probíhá správa připojených terminálů i tvorba řídicího programu. V jednom souboru lze mít více projektů, přičemž každý projekt musí obsahovat list globálních proměnných a programovou organizační jednotku (POU) MAIN. Připojená zařízení, konkrétně modulární terminály, se skenují mimo tyto projekty. Každá reálná proměnná může mít přiřazenou pouze jednu hodnotu ze seznamu globálních proměnných bez ohledu na projekt. Ostatní definované proměnné, které nejsou takto svázány, jsou pouze pracovní. [7]

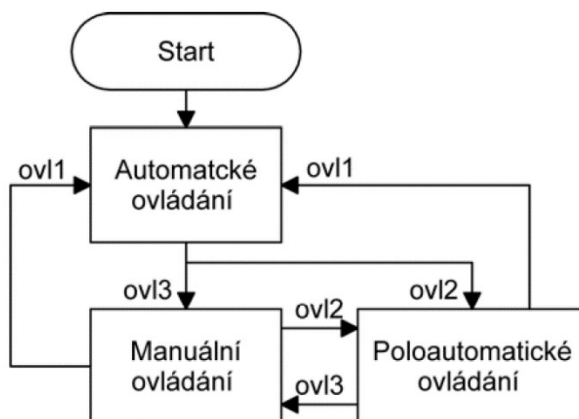
Při tvorbě řídicího programu lze v projektu tvořit další programové organizační jednotky ve všech jazycích dle normy IEC EN 61131-3, nové datové typy, listy globálních proměnných, reference na další knihovny a vizualizace programu. Tvorba probíhá v konfiguračním módu, program reálně funguje až po aktivaci konfigurace v run módu. [7]

MAIN

Program MAIN je hlavní částí řídicího programu psaný v jazyce strukturovaného textu. Je nadřazený nade všemi podprogramy a určuje, které podprogramy budou aktivní. Jeho přítomnost je nezbytná, bez části MAIN se program nespustí.

Definovány byly tři druhy ovládání – manuální, poloautomatické a automatické. Každý druh má určité podprogramy, kromě manuálního, které umožňují jejich ovládání. Výchozí je

automatické ovládání, na manuální nebo poloautomatické lze přepnout pomocí vizualizací. Pomocné podprogramy jako počítadlo kusů nebo počítadlo pracovního času jsou stále aktivní nezávisle na druhu ovládání.



Obr. 28) Vývojový diagram - MAIN

```

IF  ovl1 = 1 OR ( ovl1 = 0 AND ovl2 = 0 AND ovl3 = 0 )
THEN
    automatika ( ) ;
    nasobeni_rychlosti ( ) ;
ELSIF
    ovl2 = 1
THEN
    snimani_kamery ( ) ;
    Aktivace_valce_manual ( ) ;
    reset_tvaru ( ) ;
END_IF

pocitadlo ( ) ;
clock_signal ( ) ;
vypocet_casu ( ) ;
error_stav ( ) ;

```

Obr. 29) MAIN program; 1 – automatické ovládání; 2 – poloautomatické ovládání; 3 – pomocné podprogramy

7.2.1 Manuální ovládání

Manuální ovládání nemá připojeny žádné ovládací podprogramy, vše je ovládáno pomocí vizualizace přímými změnami proměnných. Jako každá vizualizace ovládání má i tato možnost přepnutí způsobu ovládání pomocí tlačítek, přičemž s přepnutím způsobu ovládání dojde i k přepnutí okna vizualizace. Směr a rychlost pásu se nastavuje manuálně. Rychlost lze regulovat buďto skokově pomocí předvolených hodnot nebo plynule pomocí posuvníku. Hodnoty rychlosti nemají žádnou jednotku, pouze odpovídají frekvenci dodávané elektromotoru, přičemž 1 Hz odpovídá přibližně 500 jednotkám. Kamerový senzor nezapisuje nasnímané hodnoty, příslušný válec se musí aktivovat pomocí tlačítka. Spuštěny jsou pouze podprogramy zaznamenávající pracovní čas a počítadlo kusů.

MANUÁLNÍ ŘÍZENÍ

POLOAUTOMATICKÉ OVLÁDÁNÍ

AUTOMATICKÉ OVLÁDÁNÍ

Rychlost

025001000015000

9456

Směr

DOPŘEDU

DOZADU

ERROR

Válce

1

2

3

4

Pracovní čas

28

RESET

Poloha

Počet rozřizzených kusů

1

2

1

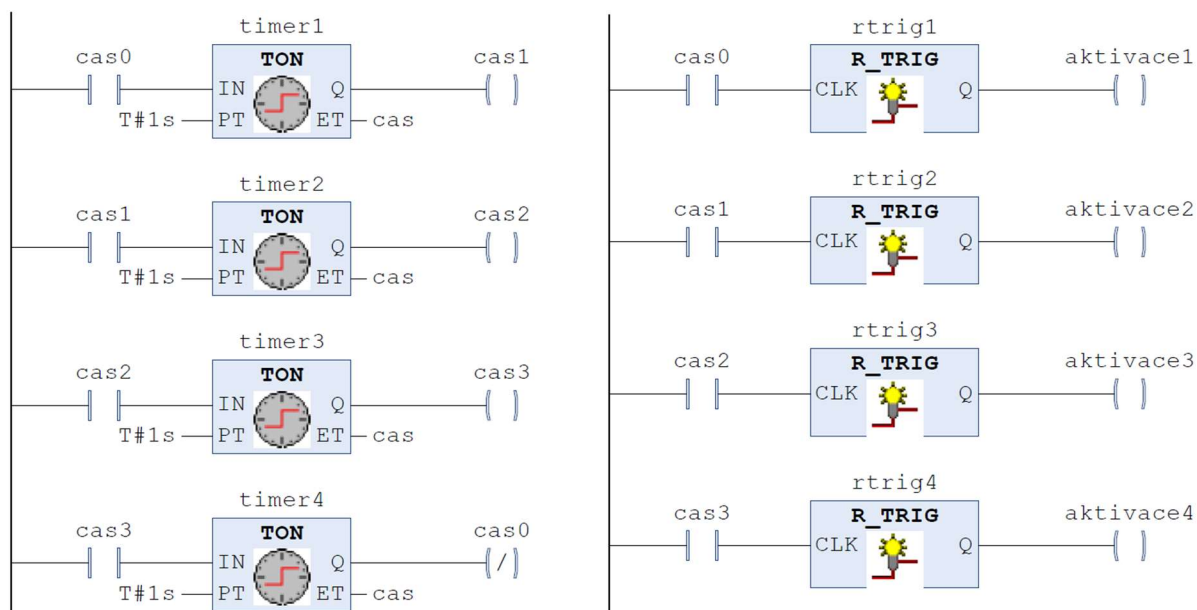
4

RESET

Obr. 30) Vizualizace manuálního ovládání

Pracovní čas

Pro zaznamenávání pracovního času bylo třeba nejprve vytvořit program, který by generoval signál v pravidelných časových intervalech. Toho je dosaženo kombinací prvků časovačů a detektorů vzestupné hrany. Po spuštění podprogramu je přivedena na spínač cas0 jednička. Aktivuje se časovač timer1, který po uplynutí 1 sekundy vystaví signál cívice cas1. Tato cívka je zároveň spínačem v dalším řádku programu. Dále se pokračuje analogicky, dokud není dosažena cívka čtvrtého řádku cas0, který je negovaná a tím během jedné skenovací periody resetuje celý podprogram. Každý nový signál (cas0-cas3) zároveň aktivuje detektor vzestupné hrany, propouštějící pulzní signály v pravidelném časovém intervalu 1 sekundy. Ty jsou v dalším podprogramu během chodu linky přičítány k počítadlu pracovního času.



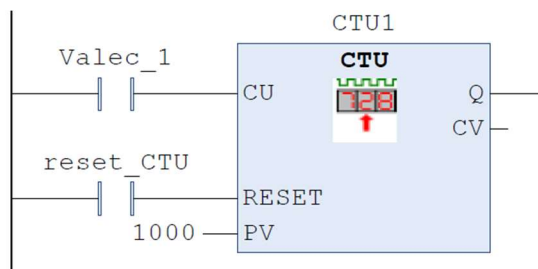
Obr. 31) Podprogram – generování signálů

```
IF ( aktivace1 = 1 OR aktivace2 = 1 OR aktivace3 = 1 OR aktivace4 = 1 )
  AND ( Spusteni_pasu_dopredu = 1 OR Spusteni_pasu_dozaadu = 1 )
  AND Vzdalenost < 6050 AND Rychlost_pasu > 0
  THEN hodiny := hodiny + 1 ;
ELSIF reset_hodin = 1
  THEN hodiny := 0 ;
END_IF
```

Obr. 32) Podprogram – zaznamenávání pracovního času

Počítadlo kusů

Každý roztržený kus je zaznamenáván ve vlastním počítadle. Čítač směrem vzhůru (CTU) v jazyce reléových hradel zaznamenává počet vysunutí jednotlivých pístů. Aktuální hodnota je zobrazována ve vizualizaci. Při resetu hodnot pomocí tlačítka dojde k vymazání aktuálního počtu u všech počítadel zároveň.



Obr. 33) Podprogram – počítadlo kusů

7.2.2 Poloautomatické ovládání

Tento způsob ovládání obsahuje částečnou automatizaci pomocí podprogramů Snímání kamery a Aktivace válce. Manipulace s třízeným kusem je manuální, samotné třízení probíhá automaticky. Vizualizace je totožná s manuálním ovládáním, pouze je zde navíc objevuje tlačítko RESET pro nastavení všech hodnot do výchozího stavu. Kamerový senzor zapisuje nasnímané hodnoty, podle kterých se v daném místě aktivují válce. Další připojené podprogramy jsou stejné jako u manuálního ovládání.

MANUÁLNÍ OVLÁDÁNÍ POLOAUTOMATICKÉ OVLÁDÁNÍ AUTOMATICKÉ OVLÁDÁNÍ RESET

Rychlost 0 2500 10000 15000 9456

Směr DOPŘEDU DOZADU ERROR

Válce 1 2 3 4

Pracovní čas 46 RESET

Poloha

Počet roztržiených kusů 1 2 1 4 RESET

Obr. 34) Vizualizace poloautomatického ovládání

Snímání kamery

Pokud třízený kus projede pod kamerovým senzorem a dojde k nasnímaní tvaru, kamera vyšle předem definovanou kombinaci digitálních signálů Kamera_1 až Kamera_4. Podle ní se zapíše identifikační proměnná Tvar_1, 2, 3 nebo 4.

```
IF Kamera_1 = 1
THEN Tvar_1 := 1 ;
ELSIF Kamera_2 = 1
THEN Tvar_2 := 1 ;
ELSIF Kamera_3 = 1
THEN Tvar_3 := 1 ;
ELSIF Kamera_4 = 1
THEN Tvar_4 := 1 ;
END_IF
```

Obr. 35) Podprogram - snímání kamery

Aktivace válce

Pro určení místa vyhození třízeného kusu je využit identifikátor tvaru a snímané vzdálenosti. Každý válec má definovanou vyhazovací vzdálenost. Pokud je vzdálenost menší než přednastavená a tvar odpovídá podmínce, dojde k aktivaci pneumatického válce. Po vysunutí pístu dojde k vymazání proměnné tvaru a píst se vrátí do původního stavu.

```

IF Tvar_1 = 1 AND Vzdalenost < 4224
THEN Valec_1 := 1 ;
ELSIF Valec_1_vysunut = 1
THEN Tvar_1 := 0 ; Valec_1 := 0 ;
ELSIF Tvar_2 = 1 AND Vzdalenost < 3040
THEN Valec_2 := 1 ;
ELSIF Valec_2_vysunut = 1
THEN Tvar_2 := 0 ; Valec_2 := 0 ;
ELSIF Tvar_3 = 1 AND Vzdalenost < 1888
THEN Valec_3 := 1 ;
ELSIF Valec_3_vysunut = 1
THEN Tvar_3 := 0 ; Valec_3 := 0 ;
ELSIF Tvar_4 = 1 AND Vzdalenost < 704
THEN Valec_4 := 1 ;
ELSIF Valec_4_vysunut = 1
THEN Tvar_4 := 0 ; Valec_4 := 0 ;
END_IF

```

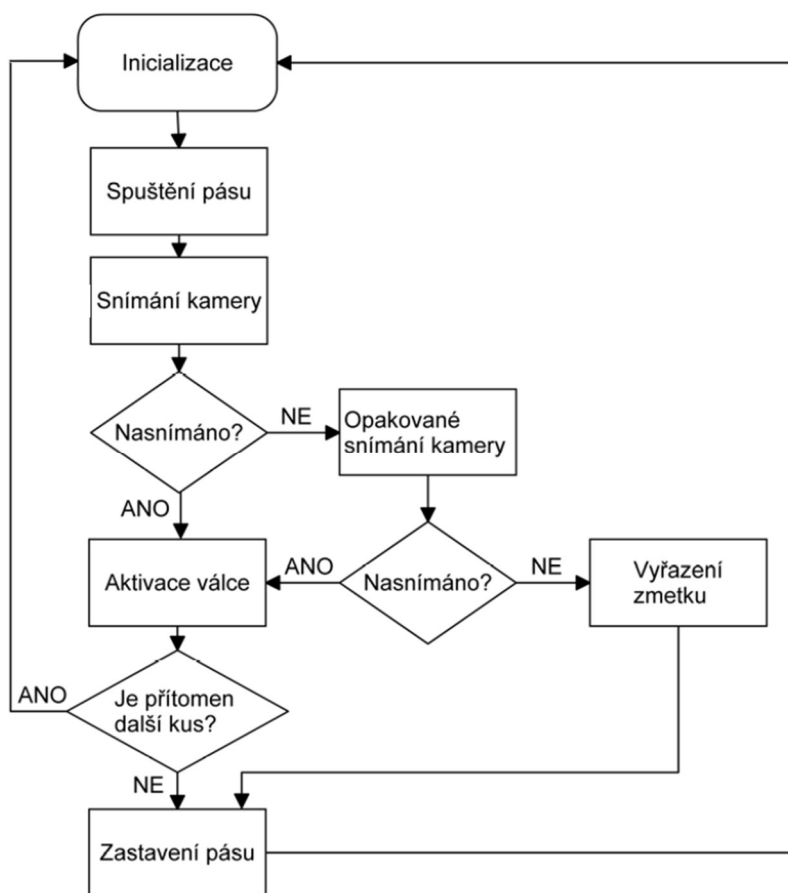
Obr. 36) Podprogram – aktivace válce

7.2.3 Automatické ovládání

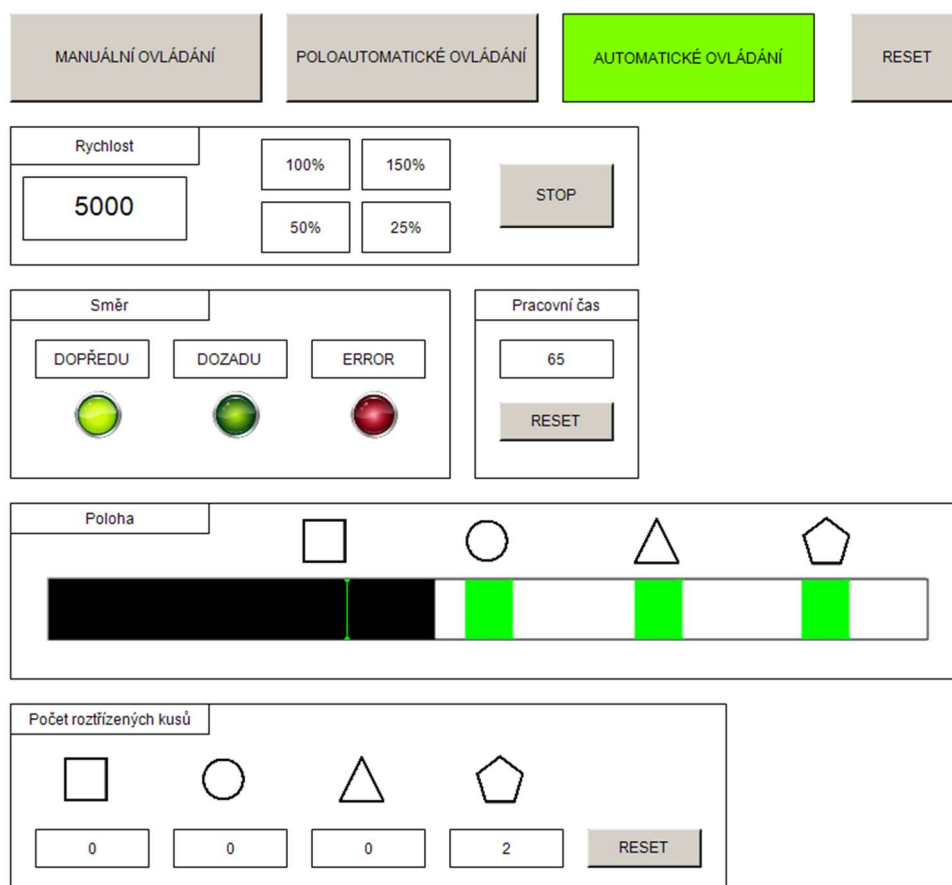
Veškerou činnost řídí sekvenční diagram. Jeho činnost je zachycena ve vizualizaci v podobě ukazatele polohy, a rychlosti. Vizualizace také umožňuje přerušení nebo restart programu do inicializačního stavu. Přirozený reset je proveden dokončením celého cyklu a následným návratem na inicializaci. V případě resetu pomocí tlačítka ve vizualizaci dojde ke splnění podmínky přechodu obsažené u každého kroku, kterou následuje prvek skoku na inicializaci, a tím i k resetu. Další podprogramy jsou totožné s předchozími způsoby ovládání, navíc se zde objevuje pouze podprogram Násobení rychlosti.

SFC diagram

Činnost SFC diagramu v příloze 2 zachycuje vývojový digram na Obr. 38. Po spuštění se spustí inicializace, během které se všechny proměnné nastaví do výchozích hodnot. Poté program čeká, dokud není přítomen kus. V okamžiku rozpoznání přítomnosti kusu diagram přejde na další krok, který spustí dopravní pás směrem dopředu a přiřadí mu definovanou rychlost. Po nastavení se přejde k dalšímu kroku, ve kterém je zahrnuté snímání kamerovým senzorem. Po přiblížení k oblasti snímání dojde k zpomalení pásu. Pokud dojde k správnému nasnímání, program pokračuje dále, pokud ne, kus se nasnímá ještě jednou. Když ani druhé snímání nepomůže, kus se považuje za zmetek a je vyřazen vrácením na začátek pásu. Je-li tvar úspěšně identifikován, pásu je přidělena vyšší rychlost a přejde se k následujícímu kroku. Tento krok je totožný s podprogramem poloautomatického ovládání – Aktivace válce. Po vytřížení kusu program čeká 3 sekundy, zda bude třízen další kus. V případě nepřítomnosti kusu dojde k zastavení pásu a přechodu do inicializačního kroku. Inicializačního kroku je dosaženo i v případě přítomnosti dalšího kusu z důvodu resetu proměnných, pás se však nezastaví. Diagram sice projde opět krokem spuštění pásu, ale v tomto případě nedojde k opětovnému spouštění pásu, ale pouze k regulaci rychlosti.



Obr. 37) Vývojový diagram



Obr. 38) Vizualizace automatického ovládání

Násobení rychlosti

Při použití automatického ovládání jsou ve SFC diagramu přednastaveny tři rychlosti pásu. V oblasti snímání kamerou je pás výrazně zpomalen, aby měla kamera dostatek času zachytit značení a vyhodnotit tvar. V oblasti válců může být pás zrychlen, běžná rychlost je v oblasti mezi kamerou a místem kladení kusů k třízení. Podprogram násobení rychlosti tyto rychlosti upravuje na 150%, 50% nebo 25% původní definované hodnoty. Ke změně nedochází okamžitě, ale pouze při činnosti určitých kroků v diagramu.

```

rychlost_1 := 1 ;
IF rychlost_1 = 1 AND rychlost_2 = 0 AND rychlost_3 = 0 AND rychlost_4 = 0
  THEN rychlost_1_1 := 8000 ; rychlost_1_2 := 2000 ; rychlost_1_3 := 10000 ;
ELSIF rychlost_2 = 1 AND rychlost_1 = 1
  THEN rychlost_1_1 := 12000 ; rychlost_1_2 := 3000 ; rychlost_1_3 := 15000 ;
ELSIF rychlost_3 = 1 AND rychlost_1 = 1
  THEN rychlost_1_1 := 4000 ; rychlost_1_2 := 2000 ; rychlost_1_3 := 5000 ;
ELSIF rychlost_4 = 1 AND rychlost_1 = 1
  THEN rychlost_1_1 := 2000 ; rychlost_1_2 := 2000 ; rychlost_1_3 := 2500 ;
END_IF

```

Obr. 39) Podprogram - násobení rychlosti

8 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byla řešerše prostředků pro automatizaci malých technologických celků. Rozebrány a zhodnoceny byly jednotlivé druhy řízení procesů se zaměřením na PLC. Následovalo rozebrání prvků senzoriky a měničů frekvence.

Dalším cílem byl návrh hardwaru a softwaru pro automatizaci třídící linky, řízená pomocí Soft PLC, která bude třídit kusy podle tvarového značení. Po označení a zapojení použitých komponent řízení linky bylo potřeba některé z nich nakonfigurovat. Kamerový senzor byl nastaven na rozeznávání čtyř různých tvarů, k elektromotoru byly přiřazeny přijatelné rychlosti takové, aby nedocházelo k přetížení nebo přehřátí. Výběr modulárních terminálů, do kterých jsou komponenty zapojeny, byl určen typem jejich signálů. Použity jsou terminály vstupních i výstupních signálů, a to jak digitálních tak analogových.

Software linky byl vytvořen v PLC softwarovém emulátoru Beckhoff TwinCAT 3, ve kterém je umožněno ovládání jak automatické tak manuální, případně poloautomatické. O automatické ovládání se stará SFC diagram, manuální je plně řízeno pomocí vizualizací. V poloautomatickém ovládání se vyskytuje několik podprogramů pro částečnou automatizaci. Výsledkem je tedy plně funkční řídicí program třídící linky, který lze provozovat v emulátoru nebo ho nahrát přímo do PLC.

Pokud by linka měla fungovat v reálném procesu, došlo by pravděpodobně k mnoha úpravám jejího hardwaru. Zvolené měření polohy třízeného kusu pomocí senzoru s viditelným laserovým světlem není příliš přesné a může docházet k lomům světla v různých materiálech nebo zastínění paprsku a tím i ke zkreslení měřené vzdálenosti. Náhradou mohou být například kapacitní senzory umístěné v hlídaných polohách. Kamerový senzor sice splňuje funkci, ale rychlost linky se v místě snímání musí přizpůsobit jeho vyšším vyhodnocovacím časům. V tomto případě by se dal použít lepší senzor nebo celkově změnit způsob značení. Prostor na vytrízené kusy není nijak konstrukčně řešen, stejně jako jejich vkládání. Kusy jsou umisťovány na dopravní pás v ukázkovém případě pouze ručně, v případě reálného používání by se toto řešilo podavačem nebo připojením k jinému dopravníku.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŠVARC, Ivan, *Základy automatizace*. Brno, 2002. Dostupné také z: <https://akela.mendelu.cz/~xmatea/TKY/ZakladyAutomatizace.pdf>.
- [2] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. *PLC a automatizace. 1. díl, Základní pojmy, úvod do programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2007. ISBN 80-86056-58-9.
- [3] ZEŽULKA, František. *Prostředky průmyslové automatizace*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2004. ISBN 80-214-2610-1.
- [4] ELUC. Princip činnosti PLC. *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/967>.
- [5] ŠMEJKAL, Ladislav. Esperanto programátorů PLC: programování podle normy IEC/EN 61131-3 (část 4). *Automa*. 2011, č.12, s. 38-42. ISSN 1210-9592.
- [6] KOVÁŘ, J., Z. PROKOPOVÁ a L. ŠMEJKAL. *Programování PLC*. 2010. Dostupné také z: http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf.
- [7] BECKHOFF AUTOMATION GmbH. *Catalog* [online]. ©2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.beckhoff.com/>.
- [8] NELSON, Bob a Todd STAUFFER. Sbližování systémů PLC a DCS. In: *Control Engineering* [online]. 15.12.2008 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artiky/artiky/article/sblizovani-systemu-plc-a-dcs/>.
- [9] Distributed control system. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. Last modified 22.4.2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_control_system
- [10] SIEMENS. *SIMATIC WinAC Slot PLC* [online]. ©1996-2015 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: https://www.automatyska.siemens.pl/solutionandproducts_ia/5089.htm.
- [11] EtherCAT. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. Last modified 30.10.2015 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/EtherCAT>
- [12] SIEMENS. Spolehlivá a inovační průmyslová PC. *Automa*. 2015, č.12, s.50-51. ISSN 1210-9592.
- [13] JACOBS, Mark. Systémy pro řízení spojitých procesů - "z deště pod okap"?. *Automa*. 2004, č.2, s.24. ISSN 1210-9592.
- [14] ZEŽULKA, František. *Programovatelné automaty*. Brno, 2003. Dostupné také z: http://www.vaeprosyz.cz/Dokumentace/Programovateln_automaty/Programovateln_automaty-Skripta_FEKT_VUT_Brno.pdf.
- [15] KOVÁŘ, J., Z. PROKOPOVÁ a L. ŠMEJKAL. *PLC - hardware - LYT*. Dostupné také z: http://www.spszl.cz/soubory/plc/plc_hardware_lyt.pdf
- [16] IFM. *Kamery ifm, Spolehlivá kontrola pro průmyslovou automatizaci*. [s.l.]: ifm, ©2013.
- [17] IFM. *Přehled výrobků* [online]. ©1998-2016 [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/ifmcz/web/pmain.htm>.
- [18] IFM. *Laserové senzory/Senzory pro měření vzdálenosti* [online]. ©1998-2016 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: http://www.ifm.com/ifmcz/web/pmain/010_070_030.html.

- [19] IFM. *Senzory pro válce* [online]. ©1998-2016 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: http://www.ifm.com/ifmcz/web/pmain/010_040_030.html.
- [20] SMC. *WEB Catalog* [online]. ©2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.smcworld.com/products/en/>.
- [21] HAMMER, Miloš. *Elektrotechnika a elektronika: přednášky*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-3334-5.
- [22] NOVÁK, Jaroslav. Frekvenčně řízené elektrické pohony a jejich elektromagnetická kompatibilita. *Elektro*. 2005, č.7. ISSN 1210-0889.
- [23] LENZE. *Předchůdci měničů* [online]. 2016 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.lenze.com/cs-cz/vyrobky/predchozi-vyrobky/menice/>.
- [24] GAJDŮŠEK, Pavel. Přehled metod řízení asynchronních motorů. In: *Elektrorevue* [online]. 30.3.2005 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/05020/index.html>.
- [25] SKALICKÝ, Jiří. *Teorie řízení I*. Brno: VUT FEKT, 2002, 98 s. ISBN 80-214-2112-6.
- [26] EMERSON. *Commander SK - Měnič kmitočtu k obecnému použití* [online]. ©2015 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.emersonindustrial.com/cs-CS/controltechniques/products/acdrives/commandersk/Pages/commandersk.aspx>.
- [27] BONFIGLIOLI RIDUTTORI. *C-A-F-S series*. [s.l.]: Bonfiglioli Riduttori, ©2013.

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1)	Blokové schéma malých a kompaktních PLC [3].....	18
Obr. 2)	Blokové schéma středních a velkých PLC [3].....	18
Obr. 3)	Cyklická práce PLC [4]	19
Obr. 4)	Time-driving-multitasking [3]	19
Obr. 5)	Jazyk reléových schémat [6].....	20
Obr. 6)	Jazyk logických schémat [6].....	20
Obr. 7)	Jazyk seznamu instrukcí [7].....	21
Obr. 8)	Jazyk strukturovaného textu [7].....	21
Obr. 9)	Jazyk sekvenčního programování [7]	22
Obr. 10)	Průmyslový počítač výrobce Beckhoff [7]	23
Obr. 11)	Slot PLC výrobce Siemens [10].....	23
Obr. 12)	Schéma systému Soft PLC [3]	24
Obr. 13)	Bus coupler výrobce Beckhoff [7].....	24
Obr. 14)	Blokové schéma SMART kamery [15].....	25
Obr. 15)	Schéma s CCD snímačem [15]	25
Obr. 16)	Funkce hranového senzoru [16].....	26
Obr. 17)	Funkce čítače pixelů [16].....	26
Obr. 18)	Kamerový senzor ifm O2D220 [17]	27
Obr. 19)	Měřič vzdálenosti ifm O1D100 [17].....	27
Obr. 20)	Polohový senzor SMC D-A93 [20].....	27
Obr. 21)	Otevřená smyčka [25]	28
Obr. 22)	Uzavřená smyčka s vektorovým řízením [24]	29
Obr. 23)	Měnič frekvence Emerson COMMANDER SK [26]	29
Obr. 24)	Model třídící linky	30
Obr. 25)	Ukázka třízeného kusu	30
Obr. 26)	Schéma pracovní stanice.....	31
Obr. 27)	SMART kamera - testování nastavení [16]	32
Obr. 28)	Vývojový diagram - MAIN	33
Obr. 29)	MAIN program	33
Obr. 30)	Vizualizace manuálního ovládání	34
Obr. 31)	Podprogram – generování signálů	35
Obr. 32)	Podprogram – zaznamenávání pracovního času	35
Obr. 33)	Podprogram – počítadlo kusů	35
Obr. 34)	Vizualizace poloautomatického ovládání	36
Obr. 35)	Podprogram - snímání kamery.....	36
Obr. 36)	Podprogram – aktivace válce	37
Obr. 37)	Vývojový diagram	38
Obr. 38)	Vizualizace automatického ovládání	39
Obr. 39)	Podprogram - násobení rychlosti	39

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Seznam terminálů a schéma zapojení

Příloha 2: SFC diagram

CD

PŘÍLOHA 1 – SEZNAM TERMINÁLŮ A SCHÉMA ZAPOJENÍ

Seznam použitých modulů [7]

KL1418 - 8-kanálový terminál digitálních vstupů 24 V DC

KL2408 - 8-kanálový terminál digitálních výstupů 24 V DC

KL3408 - 8-kanálový terminál analogových vstupů -10...+10 V

KL4438 - 8-kanálový terminál analogových výstupů -10...+10 V

KL9010 – koncový terminál

Seznam zapojených kontaktů

Bus coupler – napájení a komunikace

- napájení coupleru, napájení terminálů
- vstup signálů EtherCAT, výstup signálů EtherCAT

Válec – indikace polohy pístu

- válec 1 vysunut ÷ válec 4 vysunut
- válec 1 zasunut ÷ válec 4 zasunut

Válec – aktivace přívodu tlaku do válce

- tlak válce 1 ÷ tlak válce 4

Kamera – 4 definované signály + 1 signál signalizující činnost kamery

- kamera 1 ÷ kamera 5

Frekvenční měnič (FM) – nastavení směru otáčení elektromotoru, nastavení rychlosti otáčení elektromotoru + 1 signál signalizující činnost měniče

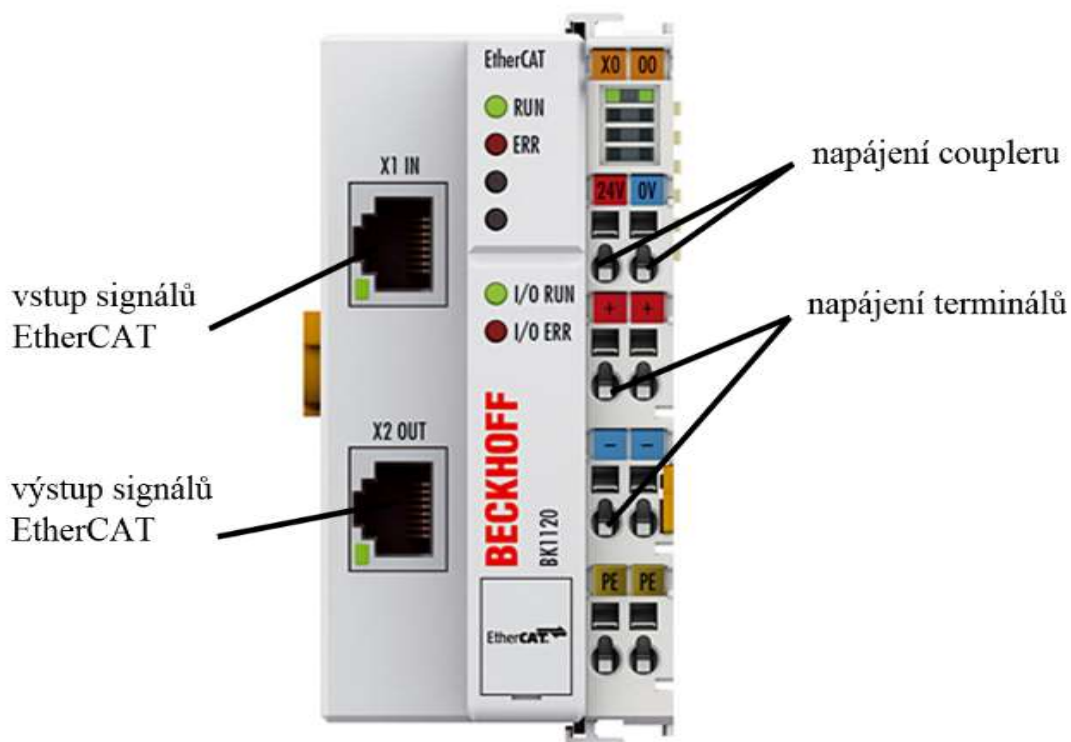
- FM – směr dopředu, FM – směr dozadu
- FM – regulace otáček
- frekvenční měnič

Senzor vzdálenosti – naměřená vzdálenost + 1 signál signalizující činnost senzoru

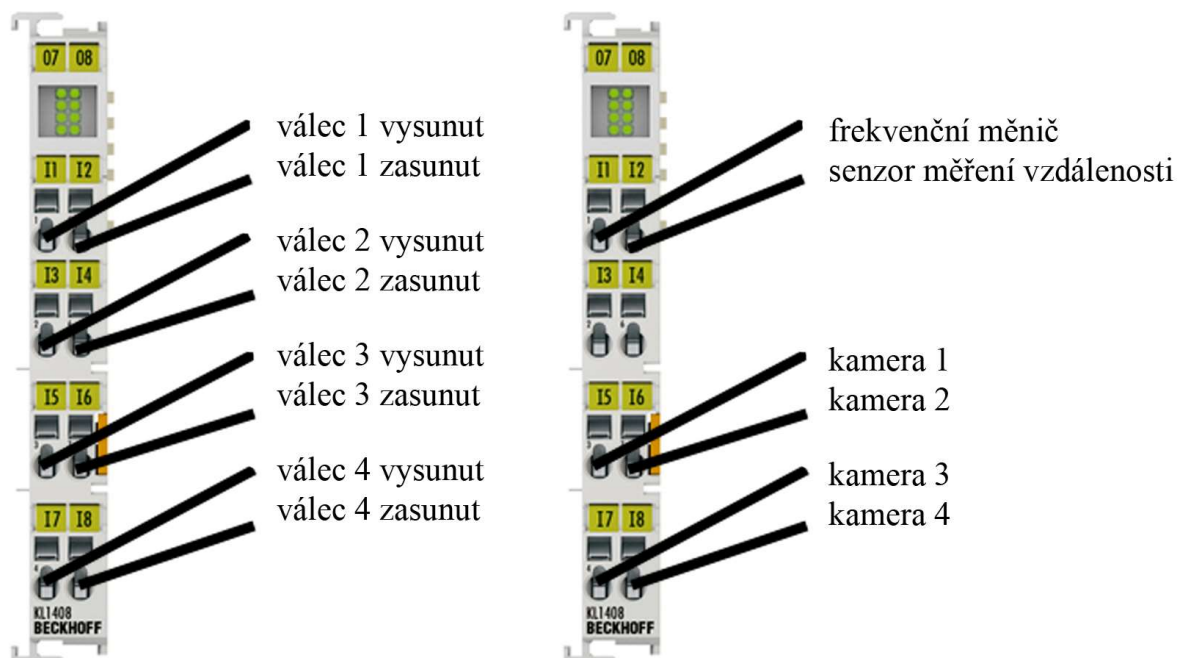
- vzdálenost
- senzor měření vzdálenosti

Tab 2) Schéma zapojení [7]

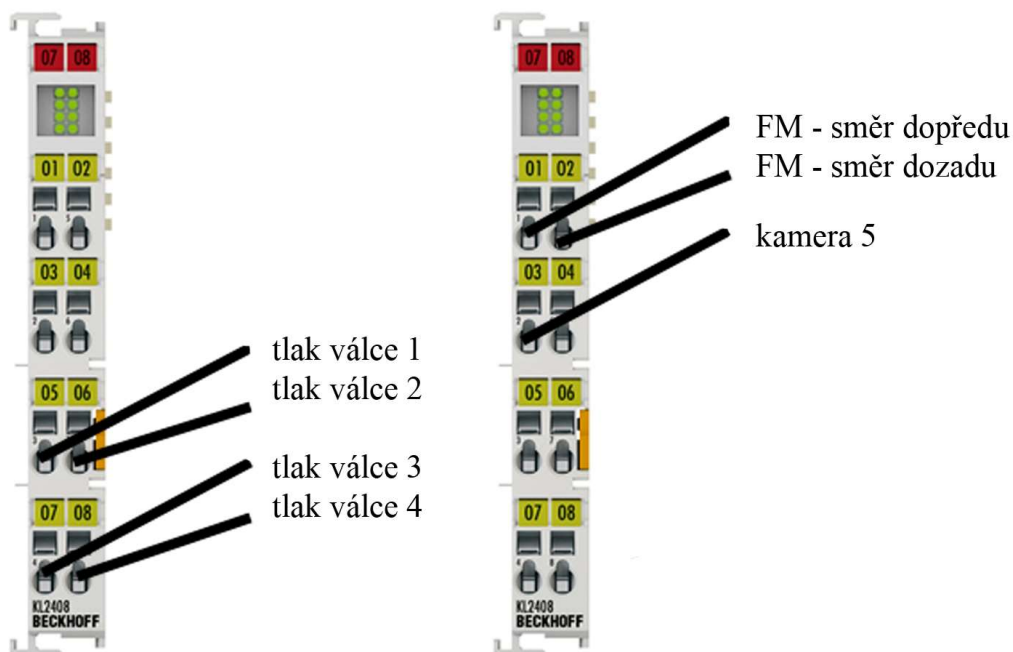
Bus coupler Beckhoff BK1120



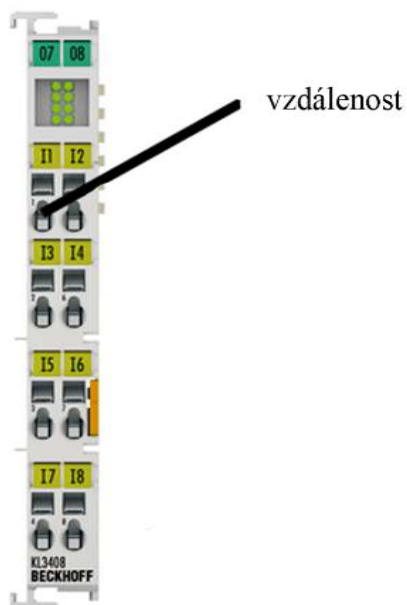
KL1418 - 8-kanálový terminál digitálních vstupů 24 V DC



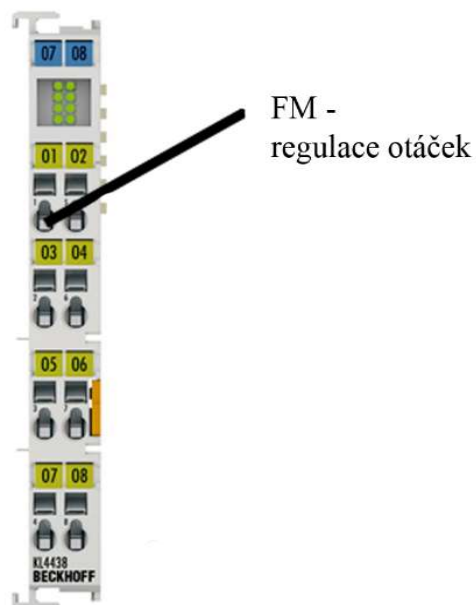
KL2408 - 8-kanálový terminál digitálních výstupů 24 V DC



KL3408 - 8-kanálový terminál analogových vstupů -10...+10 V



KL4438 - 8-kanálový terminál analogových výstupů -10...+10 V



PŘÍLOHA 2 – SFC DIAGRAM

